

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE UNTERSCHIEDLICHE PERMEABILITÄT DES DENTINS RETINIERTER UND DURCHGEBROCHENER ZÄHNE GEGENÜBER DEM METHACRYLSÄUREMETHYLESTER

von

Wolfgang Halfar

aus

Bamberg

Aus der Prothetischen Abteilung
(Vorstand: Prof. Dr. M. Hofmann)
der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. Dr. G. Steinhardt)

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE UNTERSCHIEDLICHE PERMEABILITÄT DES DENTINS RETINIERTER UND DURCHGEBROCHENER ZÄHNE GEGENÜBER DEM METHACRYLSÄUREMETHYLESTER

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Wolfgang Halfar
aus
Bamberg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. G. Koch

Referent: Prof. Dr. L. Kobes

Korreferent: Prof. Dr. M. Hofmann

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Januar 1972

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

A	Einleitung	S. 2
B	Besprechung der vorliegenden Literatur	S. 3
C	Eigenschaften des Methacrylsäure- methylesters (MME)	S. 9
D	Eigene experimentelle Untersuchungen	S. 10
	I Vorarbeiten	S. 10
	II Farbstoff-Diffusionsversuche	S. 12
	a) Retinierte Zähne	
	b) Durchgebrochene Zähne	
	III Autoradiographie	S. 14
	a) Retinierte Zähne	
	b) Durchgebrochene Zähne	
	IV Dokumentation	S. 16
E	Diskussion der Ergebnisse	S. 24
	I Signifikanzberechnung	S. 24
	II Bewertung der Ergebnisse	S. 25
F	Zusammenfassung	S. 26
G	Schrifttum	S. 27

A Einleitung

Im Jahre 1970 legte BRÜCKNER eine Dissertation mit dem Thema: "Die Versorgung des beschliffenen Kronenstumpfes" vor, welche an der Prothetischen Abteilung der Universitätszahnklinik Erlangen entstand. In dieser Arbeit kam er aufgrund seiner Vorversuche zu dem Ergebnis, daß zwischen den Zahnhartsubstanzen der retinierten und der durchgebrochenen Zähne ein Unterschied bestehen müsse. Dieser Unterschied äußerte sich darin, daß der Methacrylsäuremethylester in unterschiedlicher Verteilung das Dentin retinierter und durchgebrochener Zähne durchdringt. Die dabei gefundenen prozentualen Werte liegen bei fast 100% Permeation des Methacrylsäuremethylesters für das Dentin durchgebrochener Zähne, und bei 35% Durchdringungsfähigkeit für das Zahnbein retinierter Zähne.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit knüpft teilweise an jene oben genannten Ergebnisse an, und versucht diese zu bestätigen und zu erhärten. Das geschieht in der gleichen Versuchsanordnung, um eventuelle technische Fehler für den Vergleich möglichst niedrig zu halten. Außerdem wurde eine entsprechend größere Anzahl von Zähnen als Untersuchungsmaterial verwendet, damit eine genauere Aussage für dieses Verhältnis angegeben und eine Signifikanzrechnung durchgeführt werden konnten.

B Besprechung der vorliegenden Literatur

Als Ausgangspunkt und vielleicht mögliche Erklärung für die nach BRÜCKNER'S Vorversuchen zu erwartenden Ergebnisse, beschäftigten wir uns zuerst mit den vorliegenden Veröffentlichungen über die Histologie der Zahnhartgewebe unter dem Gesichtswinkel einer Permeation lipoidaffiner Substanzen.

LENZ fand bei seinen Untersuchungen über die Dentinentwicklung eine homogene Grundsubstanz, in welche feine Fibrillen von unregelmäßigem Verlauf eingebettet sind. KETTLERL bestätigte diese Ansicht und erweiterte sie um die Erkenntnis, daß der Weichgewebsanteil von pulpenahem und peripherem Zahnbein in unterschiedlicher Verteilung vorliegt. Bei jugendlichen Zähnen beträgt er 20:1, bei älteren nur noch 10:1.

Eine Zusammenfassung aller elektronenmikroskopisch-histologischen Untersuchungen veröffentlichte LITSCH. Nach seiner Feststellung sind sich alle Autoren über die Zusammensetzung und Struktur der Zahnbeingrundsubstanz einig, während über die Morphologie der Odontoblastenfortsätze und ihre Umgebung die Meinungen weit auseinandergehen.

Die lichtmikroskopischen Untersuchungsergebnisse der einzelnen Verfasser stimmen im großen und ganzen überein. So berichtet KEREBEL von einer netzförmigen, prismatischen Dentinstruktur. MEYER beschreibt den radiären Verlauf der Kanälchen im Zahnbein von der Pulpa zur Schmelz-Dentingrenze. Er gibt auch einen Unterschied an zwischen primär gebildetem, regelmäßigem Dentin, und unregelmäßigem, sogenanntem "Dentin der Gebrauchsperiode". In diesem Fall laufen die Kanälchen nicht mehr radiär und sind stärker verzweigt.

Den Einfluß des Gesamtorganismus auf die Zähne und den Beginn der Sekundärdentinbildung handelte FISCHER ab. Dabei verlieren die Zähne seiner Meinung nach durch den Durchbruch in die Mundhöhle die Gleichmäßigkeit ihrer Strukturen. Das Sekundärdentin bildet sich normalerweise mit dem Abschluß des Wurzelwachstums. Dieses Wachstum fällt aber nicht immer mit dem Durchbruch des Zahnes zusammen, wie retinierte Zähne beweisen. Dies bestätigt auch die Arbeit von THOMA. Dabei wurde bei retinierten, intakten Weisheitszähnen praktisch kein Unterschied zum durchgebrochenen Zahn festgestellt. Selbst Sekundärdentin, welches normalerweise erst beim in Funktion befindlichen Zahn entsteht, wies sie beim retinierten Zahn nach. Prädispositionsstellen dafür sind hauptsächlich, wie beim in Funktion stehenden Zahn, Pulpenhörner und Pulpadach. Die Autorin erklärt diese Bildung, in Übereinstimmung mit anderen Forschern, sowohl durch exogene, z.B. Entzündungen, als auch durch endogene Reize, wie Stoffwechselstörungen, bedingt oder erzeugt.

Einen Unterschied zwischen dem durchgebrochenen und dem retinierten Zahn beschreiben AZEROTH und KETTERL. Die optische Inhomogenität des in Funktion stehenden Zahnes ist beim stark abradierten, alten Zahn am stärksten und tritt bei retinierten Zähnen nicht auf. Dies weist nach Ansicht der Verfasser auf intravitale Vorgänge hin und liegt in einer unterschiedlichen Verkalkung des Dentins begründet.

Bei unseren, im weiteren Verlauf beschriebenen, Untersuchungen präparierte man von einer Zahnfläche den Schmelz ab und schliff das Dentin des Zahnes an. Es wurde also eine sogenannte "Dentinwunde" geschaffen. Über dieses Problem gibt es in der Literatur mehrere Angaben. Die Mehrheit der Aussagen nehmen eine Dentin-

wunde durch das Präparieren an und fordern eine dementsprechende Versorgung (REBEL, ANDERSON, ADOLPH, KETTERL). Im Gegensatz dazu steht eigentlich nur MEYER, der dieses Postulat ablehnt und eine Dentinwunde als solche negiert.

Wenn eine solche Dentinwunde als gegeben angenommen werden muß, taucht die Frage auf, ob diese Dentinwunde die gleichen Eigenschaften habe wie jede andere Wunde; beispielsweise eine Sezernierung. Das muß bejaht werden. Denn HEIKINHEIMO stellte bei seinen Experimenten ein spontanes Austreten des flüssigen Dentinkanälcheninhaltes fest. Dieser Vorgang erfolgt bei rechtwinklig zu den Kanälchen angeschnittenem Dentin und bei Unterdruck während des Versuches. SPRATER von KREUDENSTEIN und STÜBEN bestätigen diese Feststellung durch eine Methode, wobei unter Wärmeanwendung der "Dentinliquor" aus den Kanälchen ausgetrieben werden konnte.

Damit war das Problem allerdings noch nicht erschöpfend untersucht und beantwortet. Es stellte sich nämlich die Frage, welche Auswirkungen dieser Liquoraustritt im Bezug auf den Zahn hat.

Stoffwechselvorgänge in der Zahnhartsubstanz

1) Stoffwechselvorgänge

PILZ nahm einen Stoffwechsel im Dentin als gegeben an und erklärte ihn mit einer elektrolytischen Steuerung; es existieren also nach seiner Vorstellung elektrolytische Strombahnen. Dazu zeigte er in seinen weiteren Untersuchungen noch eine Abhängigkeit des Stoffwechsels vom Alter des Zahnes auf. In Bezug darauf schreibt er den Mucopolysacchariden, die beim älteren Zahn in geringerem Maße vorhanden sind als beim jüngeren, eine

besondere Bedeutung als Puffersubstanz zu. Außerdem blockieren seiner Ansicht nach Sekundärdentin und Kalkkonkremente die Stoffwechselbahnen des älteren Zahnes in zunehmendem Maße, sodaß der Stoffaustausch bei diesen Zähnen etwas geringer wird. Auch GRÄFF ist der Meinung, daß die organische Substanz und das Mikroröhrensystem der Dentinkanälchen einen Stoffaustausch ermöglichen. Er spricht daher von einer Diffusion, die nach beiden Seiten, also vom Schmelz zur Pulpa, und umgekehrt von der Pulpa zum Schmelz, möglich sei.

Die Ergebnisse von PILZ und GRÄFF bestätigt auch REBEL in seiner Arbeit: "Die Biomorphose der Pulpa". Er fordert allerdings als Voraussetzung dafür offene Liquorwege des Zahnbeins.

Der erste Forscher, welcher den Stoffwechselvorgang als Diffusion erkannte und beschrieb, war ADRION. Er bewies durch seine Versuche mit einer Tonzelle 1921 tatsächlich eine kapilläre Diffusion und widerlegte die These einer Osmose, wie sie in den Arbeiten vor ihm angenommen worden war.

Im weiteren Fortgang der Forschung war das Problem der Diffusion im Zahnbein oftmals Gegenstand vielfältiger Untersuchungen.

2) Einbauvorgänge exogen zugeführter Substanzen

ADOLPH stellte eine weitere These in die Diskussion über den Diffusionsvorgang. Seine Feststellung war, daß bei einer künstlichen Dentinwunde, also beim Beschleifen, Dentinstaub auf der Wundoberfläche zurückbleibt, der sich nur sehr wenig entfernen läßt und eventuell die, von REBEL geforderten, offenen Liquorwege verschließen könnte. In einer anderen Arbeit bekräftigt er allerdings die Tatsache, daß

durch die Mikroröhrenstruktur des Zahnbeins chemische Noxen sehr schnell auf die Pulpa wirken und sie schädigen können.

Die gleichen Erscheinungen bestätigen ANDERSON und RONNING. Nach ihren Beobachtungen ist die Permeabilität für Farbstoffe bei durch Frakturen hergestellten Dentinwunden größer, als bei künstlich erzeugten. Sie führen dies teilweise auch auf die entstandene Schleifwärme zurück und nehmen außerdem eine Abhängigkeit der Diffusion von der Molekülgröße der verwendeten Farbstoffe an.

Ebenfalls mit Farbstoffen arbeitete GRAFE. Mit Hilfe einer elektrischen Widerstandsmessung im Zahnbein kam er zu folgenden Ergebnissen: je kleiner der Widerstand im Dentin, desto mehr Farbstoff diffundiert; die Diffusion ist am besten bei Molaren, und nimmt in der Reihenfolge Prämolaren, Incisivi, Canini ab. ROTKE belegt dieses Ergebnis durch eigene Versuche. Nach seiner Erfahrung ist die Durchdringungsfähigkeit von Methylenblau abhängig von der Dicke und der Beschaffenheit des Zahnbeins.

Mit einer anderen Prüfungssubstanz befaßten sich STÜBEN und MICHALSKI. STÜBEN fand ebenfalls eine Farbstoffpermeation und bezieht das Monomer kalt-härtender Kunststoffe in den Kreis der diffundierenden Flüssigkeiten mit ein. Eine Erklärung für eine solche Tatsache gibt MICHALSKI an. Er glaubt an eine Wanderung des Monomers entlang der physiologischen Grenzflächen des Zahnes in Richtung auf die Pulpa hin. Die Schädlichkeit jener Flüssigkeit beruhe nämlich auf einer tiefreichenden Eiweißdenaturierung. Wie später angegeben steht er jedoch mit dieser Meinung im Gegensatz zur Auffassung anderer Forscher.

GEISSEL sowie BRÜCKNER bewiesen in ihren Dissertationen, daß die Permeabilität des Zahnbeins durch geeignete Medikamente stark herabgesetzt werden kann; und die Erhärtung für die Annahme einer reinen Diffusion, selbst am toten Zahn, lieferte KÖHLER.

Nicht nur in das Dentin, sondern auch in den intakten Schmelz werden von außen zugeführte Substanzen eingebaut. Mit Hilfe der Röntgen-Debye-Spektalanalyse gelang es nämlich BOCK, LINDEMANN und JUNGHOLDT, von außen zugeführtes Strontium im Schmelz nachzuweisen.

C Eigenschaften des Methacrylsäuremethylesters (MME)

Methacrylsäuremethylester $\text{CH}_2 = \text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{CH}_3 \\ \searrow \text{COO-CH}_3 \end{array}$ ist eine Flüssigkeit. Ihre Eigenschaften kann man als wohlriechend, leichtflüchtig und farblos bezeichnen. Der Siedepunkt liegt bei $-30,8^\circ\text{C}$ im Vakuum und bei $101,2^\circ\text{C}$ unter einem Druck von 760 Torr. MME diffundiert außerdem sehr stark in das Zahnbein und hat für die Pulpa schädliche Auswirkungen. Nach einer nicht bewiesenen Annahme von STÜBEN und MICHALSKI beruhen sie auf einer tiefreichenden Eiweißdenaturierung, während andere Forscher glauben, daß die lipoidaffinität des MME den größeren Schaden erzeugt. Die Substanz ist nämlich nicht wasser- sondern nur lipoidlöslich. Für experimentelle Untersuchungen muß man dem MME eine Stabilisatorsubstanz beifügen, da er bei Lichteinwirkung und Zimmertemperatur polymerisiert. Als Stabilisator wird heute üblicherweise Hydrochinon in 0,4% iger Konzentration verwendet, wodurch der Neigung, durch nascierenden Sauerstoff in den polymeren - und damit nicht mehr verwendbaren - Zustand überzugehen, begegnet wird.

In der Zahntechnik benützt man den Methacrylsäuremethylester hauptsächlich als Basismaterial für Prothesen und zur Verblendung festsitzenden Zahnersatzes. Für diesen Zweck liegt der MME in zwei Komponenten vor. Die eine ist das flüssige Monomer, die andere ist das Polymer in Pulverform. Diese beiden Bestandteile werden zu einer teigigen Masse verarbeitet und nach der Polymerisation ist der ausgehärtete Kunststoff das Endprodukt.

Im klinischen Bereich verwendet man den MME zur provisorischen Versorgung beschliffener Zahnstümpfe, als Füllungsmaterial und zur Befestigung ausgebrochener Kunststoffacetten. Dabei kommt der MME immer mit der Zahnhartsubstanz in Berührung.

D Eigene experimentelle Untersuchungen

I Vorarbeiten

Die Versuche wurden mit 107 Zähnen durchgeführt, die aus der Poliklinik der Chirurgischen Abteilung der Kieferklinik der Universität Erlangen stammten.

Diese Zähne wurden der Farbstoff- und radiographischen Untersuchung unterzogen. Dabei wurden fast völlig kariesfreie durchgebrochene und retinierte Zähne verwendet, um Störungen der Diffusion aufgrund kariöser Defekte möglichst auszuschalten. Als Versuchsobjekte gelangten sowohl ein- als auch mehrwurzlige Zähne zur Untersuchung. Die Zähne wurden bis zur Bearbeitung in physiologischer Kochsalzlösung aufbewahrt, welche mit 5 ccm Formalin auf 500 ccm Lösung stabilisiert war; zum Teil wurden sie auch sofort nach der Extraktion untersucht. Die Voraussetzung für das Arbeiten über die unterschiedliche Permeabilität des Zahnbeins war jeweils die Schaffung einer Dentinwunde (Abb. 1). Das geschah auf folgende Weise: von den zu prüfenden Zähnen wurde die vestibuläre Fläche von Hand mit einem Diamantschleifstein (Imperator, D&Z Nr. 270) unter der Wasseroberfläche in einem Gefäß beschliffen. Dabei handelte es sich um Leitungswasser von 18°C. Damit vermied man Verbrennungen der Zahnhartsubstanz, welche die Versuche hätten stören können. Das Beschleifen wurde mit einem Imperatorhandstück durchgeführt, dessen maximale Zahl der Umdrehungen bei 5500 pro Minute lag. Daraus ergibt sich, daß die Umdrehungszahl des Schleifkörpers nicht konstant gehalten und der Druck auf das bearbeitete Versuchsobjekt nicht gleichmäßig ausgeübt werden konnte.

Nach diesen Vorarbeiten wirkte der Methacrylsäuremethylester nach dem später beschriebenen Tauchverfahren auf das Zahnbein ein, und zwar immer 1 Stunde,

eine Zeit, die sich in BRÜCKNER'S Dissertation als bester Wert ergeben hatte. Um die Prüfkörper beim Abschleifen besser fixieren zu können und ein Verdrehen des Zahnes zu vermeiden, wurden die untersuchten Objekte in einer selbstgefertigten, rechteckigen Form in glasklarem, kalthärtendem Kunststoff (Paladur klar, Fa. KULZER) eingebettet. Das Abschleifen wurde mit einer in der Erlanger Klinik selbstgebauten Schleifmaschine (Abb. 2) durchgeführt. Die Herstellung der Schlifflflächen erfolgte unter dauernder Wasserberieselung mit einer horizontal rotierenden Karborundscheibe der Körnung 120, welche von einem Wechselstrommotor (SIEMENS, Nr. 282075, 1400 U/m) angetrieben wurde. Die Zähne wurden dabei bis zur Mitte der Pulpakammer in sagittaler Richtung abgeschliffen. Die so erhaltenen Schliffe unterzog man anschließend unter dem Oberflächenmikroskop (ZEISS, Opton, 6-fache Vergrößerung) der Betrachtung und Auswertung.

Da diese Arbeit die Ergebnisse der Voruntersuchungen von BRÜCKNER erhärten sollte, wurden bei den vorliegenden Untersuchungen dieselben Materialien und die gleiche Methode angewandt. Es sei daher gestattet, nur die Beschreibung der endgültigen Versuchsanordnung anzuführen und ansonsten auf die Überlegungen und Ausführungen BRÜCKNER'S (Med. Dissertation Erlangen 1970, S. 11-14) zu verweisen.

Die Versuche wurden entsprechend der oben angeführten Arbeit mit einer gesättigten Sudan III-Monomerlösung (Palaferm, Fa. KULZER) und mit radioaktiv markiertem, reinen MME durchgeführt. Das Einwirken der Prüfflüssigkeit auf die präparierten Zähne erfolgte durch die sogenannte Tauchmethode (Abb. 3). Um ein Eindringen des Methacrylats beispielsweise über den Apex des Zahnes zu verhindern, wurde der gesamte Zahn, bis auf die beschliffene Fläche, mit einem Überzug aus rosa Plattenwachs (Fa. GEBDI) versehen. Damit aber trotzdem

ein Kippen des Untersuchungsobjektes in die Prüfschubstanz vermieden werden konnte, wurde die ganze Anordnung noch durch einen Faden stabilisiert. Dies fand alles in einem verschlossenen Glasgefäß und unter Lichtabschluß statt, um das Polymerisieren und die Verdunstung des MME auszuschalten.

II Farbstoff-Diffusionsversuche

Die bei den Versuchen gewonnenen Ergebnisse wurden nach der Betrachtung unter dem Auflichtmikroskop in zwei Gruppen aufgeteilt:

1. Konnte der Nachweis erbracht werden, daß Farbstoffspuren im angeschliffenen Dentin vorhanden waren, so mußte angenommen werden, daß MME eingedrungen war.
2. Farbstoffspuren im Dentin waren nicht nachzuweisen. Daraus ergibt sich die Annahme, daß kein Monomer eingedrungen war.

IIa Retinierte Zähne

Die Gesamtzahl der den Farbversuchen zugeführten retinierten Zähne betrug 60. Hierbei mußte aber noch eine Unterscheidung getroffen werden in 19 "halbretinierte" und 41 "vollretinierte" Zähne. "Halbretiniert" bedeutet dabei, daß höchstens ein Höcker des Zahnes die bedeckende Gingiva durchbrochen haben durfte.

Die halbretinierten und vollretinierten Zähne wurden nach der Schleifbehandlung jeweils eine Stunde der Einwirkung des mit Sudan III gefärbten MME ausgesetzt. Als Ergebnis ergab sich für halbretinierte Zähne:

1. In 2 Zähne, das bedeutet 10,5% des Untersuchungsmaterials, war der MME eingedrungen, man konnte also eine Färbung des Kronendentins erkennen (Abb. 4)
2. Bei 17 Zähnen, das sind 89,5%, konnte ein Eindringen des gefärbten MME nicht festgestellt werden.

Die Ergebnisse für die 41 vollretinierten Zähne wichen in den Prozentzahlen nur geringfügig von den oben genannten ab. Man stellte fest:

1. In 8 Fällen (19,5%) drang der Sudan III-MME in das freigelegte Zahnbein ein und konnte nachgewiesen werden (Abb. 5)
2. Bei 33 Zähnen (80,5%) fiel das Untersuchungsergebnis negativ aus. Das bedeutet: mit dem Oberflächenmikroskop konnten an der Schlißfläche der Untersuchungsobjekte keinerlei Farbstoffspuren gefunden werden.

IIb Durchgebrochene Zähne

Mit der Farbstoffmethode wurden 27 durchgebrochene, kariesfreie Zähne untersucht. Die Versuche wurden auf die gleiche Art wie bei den retinierten Zähnen durchgeführt.

Ergebnis:

Für die durchgebrochenen Zähne ergaben sich völlig andere Prozentzahlen, und zwar:

1. Das Sudan III-Monomer ist in 55,5% (15 Prüfkörper) sichtbar eingedrungen und hat die beschliffene Dentinfläche angefärbt (Abb. 6 u. 7)
2. Für 12 Zähne (44,5%) konnte kein Nachweis über eingedrungenen Farbstoff-MME geführt werden.

Alle mit gefärbtem MME erzielten Ergebnisse müssen unter einem gewissen Vorbehalt gesehen werden. Dieser liegt in der Eigenschaft des Methacrylats, nur in Lipoiden löslich zu sein, begründet. Es ergibt sich daher, je nach Gehalt des Zahnes an organischer Materie, ein unterschiedliches Maß für das Eindringen des MME in das Dentin an der Schlißfläche. Durch einen papierchromatographischen Effekt kann zudem gefärbtes Monomer in die Hartsubstanz eingedrungen sein, ohne nachgewiesen werden zu können.

Diese Argumente führten zur Anwendung einer weiteren Untersuchungsmethode, der Autoradiographie.

III Autoradiographie

Obwohl die Auswertung der Farbstoffuntersuchungen unter dem Auflichtmikroskop von einer unbeteiligten, objektiven Person vorgenommen wurden, muß man sie doch als unter subjektiven Einflüssen entstandene Angaben betrachten. Aus diesem Grunde wurde die Autoradiographie eingesetzt, welche exakte Ergebnisse ermöglicht (BRÜCKNER).

Autoradiographie als Überprüfung

Für diese Methode verwendete man in unserem Fall reinen Methacrylsäuremethylester, der mit einem radioaktiven C-14 Atom im Gefüge seines Moleküls markiert worden war (Fa. RÖHM & HAAS, Darmstadt). Die Aktivität der Substanz betrug 30 mc, es war demnach ein weicher β -Strahler. Nach SCHMEISER schwärzt eine radioaktive Substanz an ihren Kontaktstellen mit einer photographischen Emulsion diese Schicht ebenso, als wenn Licht eingefallen wäre. Wir benutzten als Emulsionsträger einen normalen Röntgenzahnfilm (Fa. ADOX, Größe 3×4 cm) und erhielten so Autoradiogramme.

Herstellung der Proben:

Die erhaltenen Zahnschliffe (nach Tauchverfahren über 1 Stunde, Einbetten und Abschleifen) wurden in einer lichtdicht abgeschlossenen Metallkassette auf den ausgepackten Röntgenfilm gelegt und die Umrisse mit Bleistift markiert, um nach dem Entwickeln eine genaue Aussage über Zahnschliff und Autoradiogramm machen zu können. Die Belichtungszeit wurde auf 90 Minuten festgesetzt, da nach längerer Dauer kaum noch eine Aktivität festzustellen ist, und damit eine Schwärzung der photographischen Emulsion durch die radioaktive Substanz nicht mehr möglich ist.

IIIa Retinierte Zähne

Die Überprüfungsuntersuchungen bei 10 retinierten Zähnen wurden mit Hilfe der Autoradiographie vorgenommen. Tabelle 1 zeigt die dabei gewonnenen Ergebnisse:

1. Bei 3 Zähnen (30%) ist der radioaktive MME durch die Dentinwunde bis zur Pulpa vorgedrungen, was sich aus der Schwärzung des Zahnfilmes ableiten läßt (Abb. 8 u. 9).
2. Bei den übrigen 7 Zähnen (70%) war ein Eindringen des MME nicht nachweisbar.

Diese Angaben decken sich in etwa mit den bei den Farbstoffuntersuchungen gewonnenen Ergebnissen.

IIIb Durchgebrochene Zähne

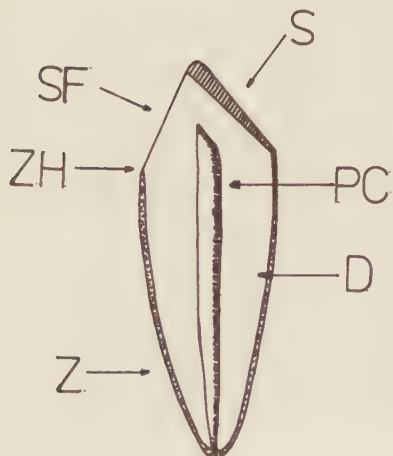
Die radioaktiven Untersuchungen für die durchgebrochenen Zähne wurden mit 10 Prüfkörpern durchgeführt (Tabelle 2).

Im einzelnen konnte man folgendes eruieren:

1. Eine Permeation von radioaktivem MME war bei 6 Zähnen (60%) vorhanden. Auch hier dehnte sich die Eindringtiefe bis zur Pulpa aus (Abb. 10 u. 11).
2. Bei 4 Zähnen (40%) konnte man auf dem Autoradiogramm eine Schwärzung durch MME nicht feststellen. Demnach war auch nichts eingedrungen.

Man konnte mit Hilfe der Autoradiographie die mit einer größeren Anzahl von Prüfkörpern gefundenen Ergebnisse der Farbstoffdiffusionsversuche untermauern.

IV Dokumentation



Legende:

SF: Schliff-Fläche
 ZH: Zahnhals
 PC: Pulpacavum
 S: Schmelz
 D: Dentin
 Z: Zement

Abb.1: Beschliffener Zahn
 (schematisch)

Legende:

EM: Elektromotor
 WZ: Wasserzufluß (Leitung)
 KS: Karborundscheibe
 BW: Blechwanne
 WA: Wasserabfluß
 AW: Antriebswelle
 MR: Metallrahmen

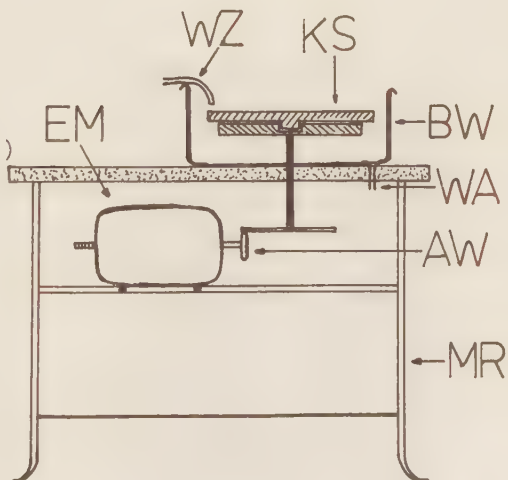
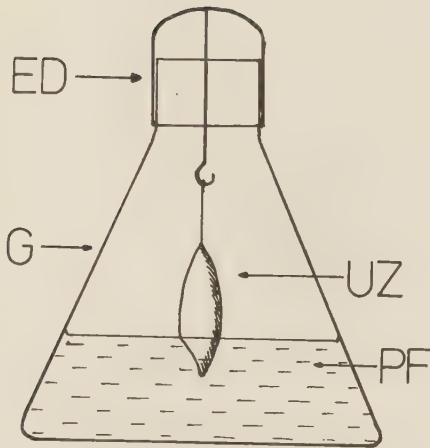


Abb.2: Schleifmaschine
 (Querschnitt)



Legende:

G : Glasgefäß
ED: Eingeschliffener Deckel
UZ: Untersuchter Zahn
PF: Prüfsubstanz (MME)

Abb.3: Tauchverfahren
(Schema)

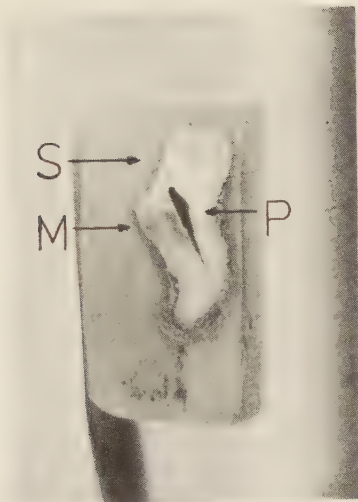


Abb.4: Bei halbretiniertem 8+ Sudan III-MME in das Dentin eingedrungen.
S = Schlifffläche, M = eingedrungener MME, P = Pulpacavum

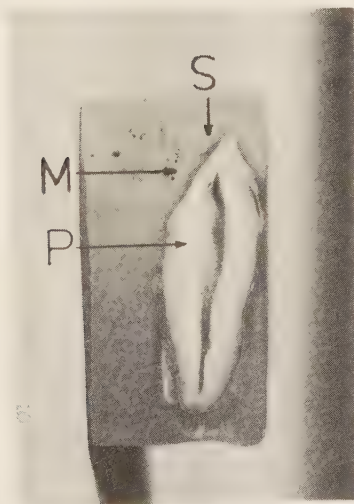


Abb.5: Bei vollretiniertem +3 Sudan III-MME durch das Kronendentin eingedrungen.
S = Schlifffläche, M = eingedrungener MME, P = Pulpacavum



Abb.6: Bei einem durchgebrochenen +4 ist der mit Sudan III gefärbte MME in den Zahn eingedrungen
S = Schlifffläche, M = eingedrungener MME, P = Pulpacavum

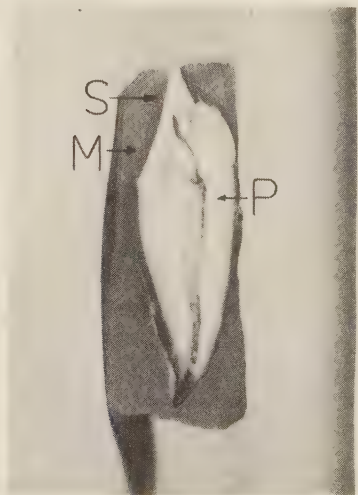


Abb.7: Bei dem durchgebrochenen Zahn 3+ ist Monomer ins Dentin eingedrungen.
S = Schlifffläche, M = eingedrungener MME, P = Pulpacavum

Nr.	Zahn	Versuchs- dauer	E r g e b n i s	
			nicht eingedrungen	eingedrungen
1	-8	60 Min.	-	+
2	+8	60 Min.	+	-
3	3+	60 Min.	+	-
4	4+	60 Min.	+	-
5	8+	60 Min.	+	-
6	-8	60 Min.	+	-
7	-8	60 Min.	+	-
8	8+	60 Min.	+	-
9	8-	60 Min.	-	+
10	8+	60 Min.	-	+

Tabelle 1 : Ergebnis der Autoradiographie bei
retinierten Zähnen

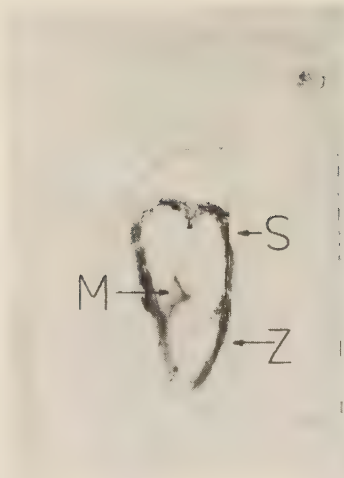


Abb.8: Autoradiogramm
Retinierter -8; radio-
aktives Monomer bis zur
Pulpa vorgedrungen.
S = Schlifffläche, M =
eingedrungener MME,
Z = Zahnumriß



Abb.9: Autoradiogramm
Bei retiniertem 8+
radioaktiver MME
in den Zahn einge-
drungen.
S = Schlifffläche, M =
eingedrungener MME,
Z = Zahnumriß

Nr.	Zahn	Versuchs- dauer	E r g e b n i s	
			nicht eingedrungen	eingedrungen
1	+4	60 Min.	+	-
2	+8	60 Min.	-	+
3	3-	60 Min.	-	+
4	8-	60 Min.	-	+
5	1+	60 Min.	+	-
6	+3	60 Min.	+	-
7	-1	60 Min.	-	+
8	3+	60 Min.	+	-
9	-3	60 Min.	+	-
10	4+	60 Min.	+	-

Tabelle 2 : Autoradiographisches Ergebnis
durchgebrochener Zähne

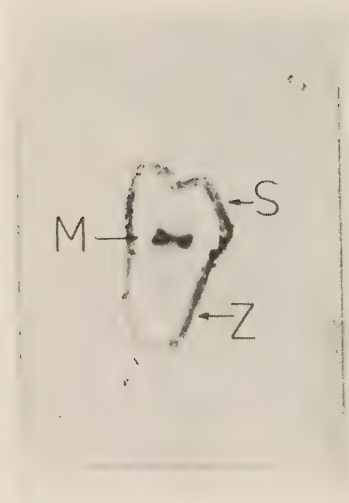


Abb.10: Autoradiogramm
Durchgebrochener +8;
radioaktives Monomer
eingedrungen.
S = Schlißfläche, M =
eingedrungener MME,
Z = Zahnumriß

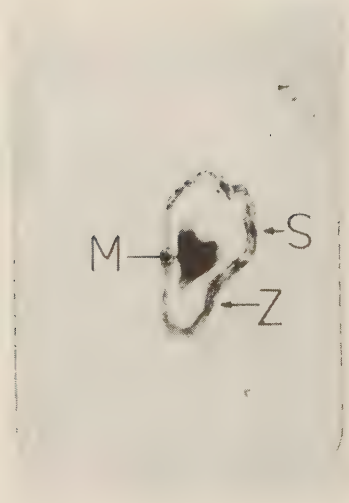


Abb.11: Autoradiogramm
Bei einem durchge-
brochenen 8- ist
das radioaktive
Monomer bis in die
Pulpa eingedrungen.
S = Schlißfläche, M =
eingedrungener MME,
Z = Zahnumriß

E Diskussion der Ergebnisse

I Signifikanzberechnung

Die vorliegenden experimentellen Untersuchungen, sowohl mit der Farbstoffmethode, als auch mit Hilfe der Autoradiographie durchgeführt, zeigen folgende Ergebnisse:

Bei den retinierten Zähnen ist der MME im Mittel bei nur 18,5% der untersuchten Objekte eingedrungen.

81,5% dagegen zeigten keinerlei Reaktion.

Die durchgebrochenen Zähne ergeben demgegenüber ein anderes Erscheinungsbild. Nach den hierfür vorliegenden Auswertungen war ein Eindringen des MME im Mittelwert bei 56,8% der untersuchten Zähne festzustellen, während nur 43,2% dem Angriff des Methacrylsäuremethylesters widerstehen konnten.

Es stellt sich die Frage, ob es sich bei dieser vorliegenden Arbeit nur um rein zufällige Angaben handelt, oder ob man die Ergebnisse als statistisch gesichert ansehen kann. Dies wurde mit einer Signifikanzrechnung zu beantworten versucht, welche auf folgendem Schema aufbaut:

	durchgebrochen	retiniert	Summe
eingedrungen	21	13	34
nicht eingedrungen	16	57	73
Summe	37	70	107

Die oben aufgeführten Zahlen sind die bei den Untersuchungen observed=beobachteten Ergebnisse, und die sich bei Addition daraus ergebenden Randsummen.

Die erwarteten=expected Werte kann man errechnen, und zwar aus:

$$\frac{\text{Randsumme} \times \text{Randsumme}}{\text{Total}} = e$$

Die errechneten e-Werte für die vier Felder betragen demnach:

12,317	22,243
25,243	47,757

Wenn man nun bei dieser Berechnung den Fehler kleiner als 1% ansetzt, also $p < 1\%$, so ergibt sich aus folgender Formel

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{beob} - 0,5)^2}{e} = 13,506$$

daß das Ergebnis der Untersuchungen signifikant ist; denn für eine Fehlerquelle von 1% gilt ein Wert von 6,635 für χ^2 . Da unser errechneter Wert jedoch größer ist, ist die Signifikanz erwiesen.

II Bewertung der Ergebnisse

Die rechnerisch bewiesene Signifikanz der bei den Untersuchungen erzielten Werte läßt darauf schließen, daß die Ergebnisse als statistisch gesichert angesehen werden können. Dies bezieht sich allerdings nur auf die in dieser Arbeit vorgelegten Angaben, denn bei experimentellen Untersuchungen lassen sich Unterschiede in den Ergebnissen nie ausschließen. Übrigens sind die Untersuchungen mit MME als Methode des Nachweises, ob es sich um retinierte oder durchgebrochene Zähne handelt, nicht brauchbar, da die Art und Weise des Eindringens von MME in beiden Fällen die gleiche ist.

F Zusammenfassung

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit lag darin, die von BRÜCKNER in seinen Untersuchungen gefundenen Ergebnisse und Werte, in Bezug auf die Durchdringungsfähigkeit von Methacrylsäuremethylester durch das Zahnbein retinierter und durchgebrochener Zähne, zu überprüfen.

Bei den retinierten Zähnen war dies möglich. BRÜCKNER stellte eine Eindringquote von 35% fest, während bei unseren Untersuchungen der Prozentsatz 19% betrug.

Starke Abweichungen liegen jedoch auf dem Gebiet der durchgebrochenen Zähne vor. BRÜCKNER kam zu einer fast 100%igen Permeation, die allerdings unterschiedlich stark vorhanden war. Bei unseren Untersuchungen ergab sich aber nur ein Wert von 57%.

Die Abweichungen sind vielleicht auf die verschiedenen große Anzahl von Untersuchungsobjekten zurückzuführen. Technische Fehler dürften weitgehend ausgeschlossen werden, da in beiden Fällen die gleiche Untersuchungsmethode angewendet wurde.

Das Hauptergebnis aber ist eine Bestätigung der Arbeit BRÜCKNER'S. Sie liegt darin, daß zweifelsfrei festgestellt werden konnte, daß zwischen den retinierten und durchgebrochenen Zähnen ein Unterschied in der Zahnhartsubstanz, speziell dem Zahnbein bestehen muß, wie die Ergebnisse beweisen. Dieser Unterschied kann möglicherweise darauf zurückgeführt werden, daß nach dem Durchbruch der Zähne sich eine funktionell bedingte Änderung der Hartgewebsstruktur oder deren Reaktionsweise einstellt.

G Schrifttum

- (1) Adolph, W.: Pulpaschutz und Dentinstruktur
Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1693, (1957) H.24
- (2) Adolph, W.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen
an Dentinoberflächen, die bei Anwesenheit
von Wasser, Preßluft und Speichel maschi-
nell bearbeitet wurden
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 758, (1958) H.13
- (3) Adolph, W.: Betrachtungen zum Problem der mechani-
schen Freilegung des Dentins und deren
Folgen im Bereich der verletzten orga-
nischen Substanz
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 1185, (1958) H.20
- (4) Adrion, W.: Experimentelle Untersuchungen über
Diffusionsvorgänge in den harten Zahn-
substanzen
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 39, 658, (1921)
- (5) Anderson, D.J. u. G.A. Ronning: Dye diffusion in
human dentine
Arch. oral Biol. 7, 505, (1962) H.4
- (6) Azeroth, E. u. W. Ketterl: Untersuchungen über die
an Zahnschliffen zu beobachtende opti-
sche Inhomogenität des menschlichen
Dentins
Dtsch. Zahnärztebl. 16, 352, (1962) H.12
- (7) Bock, O., Lindemann, K. u. H. Jungholdt: Untersuchun-
gen über die Einwirkung von strontium-
und vanadiumhaltiger Lösungen auf die
Zahnhartsubstanz
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 445, (1962)
- (8) Brückner, K.-H.: Die Versorgung des beschliffenen
Kronenstumpfes
Med. Diss. Erlangen 1970
- (9) Fischer, G.: Normale und pathologische Biologie
des Zahnsystems
Erich Schmidt Verlag, Berlin - Bielefeld
- München 1953
- (10) Fischer, G.: Das feingewebliche Bild lebender Zähne
in seiner Beziehung zum Gesamtorganismus
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1183, (1955) H.17
- (11) Geissel, M.: Untersuchungen über die Permeabilität
und die medikamentöse Abdichtung des
Dentins
Med. Diss. Münster 1957
- (12) Grafe, W.: Untersuchungen über die Durchlässigkeit
des Dentins am Kavitätenboden und ihre
medikamentöse Beeinflussung
Med. Diss. Münster 1955

- (13) Gräff,S.: Ablauf und klinische Bedeutung des Stoffwechsels von Schmelz und Dentin in morphologischer Sicht
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 29, 126, (1958) H.3 u.4
- (14) Heikinheimo,O.: Eine mikrokinematographische Untersuchung über die Bewegung der Dentinflüssigkeit
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 257, (1963) H.5
- (15) Kérébel,B.: Recherches sur la structure de la dentine humaine
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 59, 633, (1949) H.8
- (16) Ketterl,W.: Studie über das Dentin der permanenten Zähne des Menschen
Stoma 14, 79 u. 148, (1961) H.2 u.3
- (17) Köhler,E.: Experimentelle Untersuchungen über die Ausbreitung von Fremdstoffen in den menschlichen Zahnhartgeweben
Dtsch. zahnärztl. Z. Kariessonderheft 20, 717, (1965)
- (18) Lenz,M.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Dentinentwicklung
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 30, 367, (1959) H.9 u.10
- (19) Litsch,T.: Zusammenstellung und kritische Betrachtung der elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Zahnhartsubstanz
Med. Diss. München 1965
- (20) Meyer,W.: Normale Histologie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen
Carl Hanser Verlag München 1951
- (21) Meyer,W.: Über die sogenannte Dentinwunde
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 577, (1958) H.10
- (22) Michalski,H.G.: Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der toxischen Wirkung des monomeren Anteils schnellhärtender Kunststoffe auf das lebende Zahnmark
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 20, 37, (1954) H.1 u.2
- (23) Pilz,W.: Zur Problematik der Struktur-Stoffwechselrelationen des Dentins
Dtsch. Zahnärztebl. 12, 749, (1958) H.22
- (24) Pilz,W.: Beiträge zur Biomorphose der Zahnhartgewebe
I. Über Alternsveränderungen organischer Schmelz- u. Dentinanteile während der Funktionsperiode
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 30, 381, (1959) H.9 u. 10

II. Zur Analyse physiologischer Wandlungen
der Zusammensetzung organischer Zahn-
hartgewebsbestandteile
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk.
30, 393, (1959) H.9 u.10

- (25) Rebel,H.H.: Echte Dentinwunde oder sogenannte
Dentinwunde
Zahnärztl. Welt 59, 559, (1958) H.20
- (26) Rebel,H.H.: Die Biomorphose der Pulpa
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 681, (1958) H.22
- (27) Rottke,R.: Untersuchungen zur Diagnostik des
Kavitätenbodens
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1791, (1955) H.23
- (28) Schmeiser,K.: Radionuclide
Springer - Verlag 1957
- (29) Spreter v. Kreudenstein,Th. u. J. Stüben:
Dentinstoffwechselstudien
III. Mitteilung:
Die thermische Methode zum Nachweis des
Dentinliquors
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1178, (1955) H.17
- (30) Stüben,J.: Experimentelle Untersuchungen über die
Durchtrittszeit verschiedener Medikamente
durch Dentin, gemessen mit der Schlie-
renmethode
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 662, (1953) H.12
- (31) Thoma,G.: Der retinierte, intakte Weisheitszahn
im histologischen Bild
Med. Diss. Köln 1954

An dieser Stelle sei es mir gestattet,
Herrn Professor Dr. L. Kobes für die freundliche
Überlassung des Themas, die hilfreich gewährte
Beratung bei aufgetretenen Problemen und die
Durchsicht und Korrektur der Arbeit zu danken.

Herrn Professor Dr. M. Hofmann danke ich für die
Übernahme des Korreferates.

Ebenso schulde ich Dank der Firma Röhm & Haas,
Darmstadt für die Mithilfe bei der Beschaffung des
radioaktiven Materials.

Lebenslauf

Ich, Wolfgang Halfar, wurde am 26. Januar 1946 in Bamberg geboren. Meine Eltern sind der Obersteuereinspektor Emmerich Halfar und seine Ehefrau Luise, geb. Gröschl. Von 1950 bis 1954 besuchte ich in Neu-Ulm die Volksschule und anschließend die höhere Schule in Neu-Ulm und in Mindelheim. Die Reifeprüfung bestand ich am 20. Juli 1965 an der Maristenoberrealschule in Mindelheim.

Im Wintersemester 1965/66 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im März 1968 legte ich die zahnärztliche Vorprüfung ab, und im November 1970 beendete ich das Staatsexamen.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990